



Article Info/Makale Bilgisi

✓Received/Geliş:14.05.2022 ✓Accepted/Kabul:02.09.2022

DOI:10.30794/pausbed.1116610

Research Article/Araştırma Makalesi

Bozkaya, Ş. (2023). "G-7 Ülkelerinde Enerji Tüketimi ve Enerji Verimliliği İlişkisi: Jevons Paradoksu", *Pamukkale Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı 55, Denizli, ss. 303-314.

## G-7 ÜLKELERİNDE ENERJİ TÜKETİMİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLİŞKİSİ: JEVONS PARADOKSU\*

Şeyma BOZKAYA\*\*

### Öz

Enerji, üretimin her aşamasında kullanılmaktadır ve enerjiye olan talep gün geçtikçe artarak devam etmektedir. Bu özelliği ile sanayileşme süreci ile enerji tüketimi arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişkinin varlığı kabul edilmektedir. Enerjiye olan bağımlılık insanoğlunu bir yandan yeni enerji kaynakları aramaya yönlendirirken, bir yandan da enerjide verimliliği gerçekleştirecek yenilikler için çalışmalara yönlendirmektedir. Üretim süreçlerinde etkin ve önemli bir girdi olarak kullanılan enerji faktörü ile ekonomik gelişme arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Dolayısı ile enerji tüketiminde meydana gelen artış, maliyetleri azaltabilmek adına ekonomileri enerji tasarrufuna yani enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik politikalar üzerinde çalışmalara yönlendirmektedir. Bu çalışma G-7 ülkelerinin 1990-2017 yıllık verilerinden faydalanarak enerji tüketimi-enerji verimliliği ilişkisini Jevons Paradoksu çerçevesinde incelemiştir. Ampirik bulgulara göre kişi başı gayri safi yurt içi hasılda meydana gelen yüzde birlik bir artış enerji kullanımını yüzde 1.65, enerji ithalatında meydana gelen yüzde birlik bir artış ise enerji kullanımını yüzde 0.72 birim azaltmaktadır. Enerji yoğunluğunda meydana gelen yüzde birlik bir artış ise enerji kullanımını yüzde 0.85 oranında azaltmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Verimliliği, Enerji Tüketimi, Jevons Paradoksu, Panel Veri Analizi.

## THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY CONSUMPTION AND ENERGY EFFICIENCY IN G-7 COUNTRIES: THE JEVONS PARADOX

### Abstract

Energy is used at every stage of production and the demand for energy continues to increase day by day. With this feature, it is accepted that there is a strong positive relationship between the industrialization process and energy consumption. While the dependence on energy leads people to seek new energy sources, it also directs them to work for innovations that will realize energy efficiency. There is a strong relationship between the energy factor, which is used as an effective and important input in production processes, and economic development. Therefore, the increase in energy consumption directs the economies to work on energy savings, that is, policies to increase energy efficiency, in order to reduce costs. This study examines the relationship between energy consumption and energy efficiency within the framework of Jevons Paradox, making use of the annual data of the G-7 countries from 1990 to 2017. According to empirical findings, a one percent increase in gross domestic product per capita reduces energy use by 1.65%, and a one percent increase in energy imports reduces energy use by 0.72 percent. A one percent increase in energy intensity reduces energy use by 0.85 percent.

**Key Words:** Energy Productivity, Energy Consumption, Jevons Paradox, Panel Data Analysis

\*Bu çalışma "4TH International Congress On Economics Finance And Energy, Political Economy Of Energy Revolution" kongresinde sunulmuş bildirinin genişletilmiş halidir.

\*\*Dr. seymabozkaya@hotmail.com, (<https://orcid.org/0000-0001-8589-6608>)

## **GİRİŞ**

Enerji faktörünün makroekonomik faaliyetlerin temel girdisi konumunda olması, son yıllarda oldukça dikkat çekmeye başlamıştır. Enerji faktörünü üretim süreçlerine dahil eden çalışmalar, girdi olarak geleneksel anlamda yalnızca sermaye ve emeği girdi kabul eden düşünce anlayışına eleştirel yaklaşmıştır. Bu yaklaşımlar enerji faktörünü üretim süreçlerine dahil ederek bu sürecin işlevinin arttığını göstermeye çalışmışlardır (Amin ve Murshed 2017). Dolayısı ile enerjiye olan ihtiyaç enerji bağımlılığını artırmaktadır. Bu durum alternatif enerji arayışına ve aynı zamanda enerji verimliliği konularına dikkat çekmektedir.

1973 yılında meydana gelen petrol fiyatlarındaki artış ile beraber dünya, enerji tüketimini azaltmak ve pahalı bir enerji kaynağı olan ham petrole bağımlılığı azaltmak veya en aza indirmek için enerji tasarrufu sağlayan teknoloji geliştirme çalışmaları yapmıştır. Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden biri olan ve herkes için uygun fiyatlı, daha güvenli, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimin küresel açıdan kabul görmesi bu duruma bir örnek olarak gösterilebilir (Alvi vd, 2018). Burada dikkat çeken konu, teknolojik gelişmelerin kaynak kullanımının verimliliğini artırmasının bir sonucu olarak söz konusu kaynağın toplam tüketimini azaltması beklenirken, aksine o kaynağın üretimini artırmasıdır. Bu çelişki endüstrileşmiş ekonomilerin enerji geleceği için önemli bir yere sahiptir. Verimlilik ve teknolojik gelişmenin, gelecekteki enerji kullanımı bakımından endişe duyanların istediği şey, aslında enerji kullanımındaki beklentilerimizi daha da kötüleştirebileceğini düşündürmektedir (Polimeni vd, 2008). Enerji verimliliğinin artırılması yönündeki çalışmalar, birçok ülkede enerji tüketimini azaltma ve küresel ısınma ile mücadele politikalarında önemli bir yere sahiptir. Enerji verimliliğini iyileştirmelerinin doğal bir sonucu olarak daha düşük enerji tüketimini ve dolayısı ile sera gazlarının emisyonunun azalmasını sağladığı fikrini esas almaktadır (IPPC, 2007).

William Stanley Jevons, enerji verimliliği ve yakıt ekonomisi ile ilgili temel sorunları gündeme getiren öncü çalışması "The Coal Question (1865/1906)" sonucunda ekolojik ekonomi ve enerji ile ilgili konulara erken girişim yapan biri olarak literatüre önemli bir katkıda bulunmuştur (Martinez-Alier, 1987). William Stanley Jevons (1865), Rebound etkisi ve Jevons paradoksunu bir buçuk yüzyıl önce kömür yakıtlı buhar motorlarının daha verimli hale geldikçe kömür tüketiminin arttığı, endüstriyel çağın tarihini belirlediğini gözlemlemiştir (Clark ve Foster, 2001: 93). Jevons (1865) "The Coal Question" adlı kitabında "yakıtın ekonomik kullanımının azalan bir tüketime eşdeğer olduğunu varsaymanın tamamen bir fikir karışıklığı olduğu sonucuna varmıştır. Ancak gerçek bunun tam tersidir." Başka bir deyişle, Jevons ve savunucuları, enerji verimliliğinin daha fazla enerji talebini tetiklediğini ve bunun da enerji verimliliği politikalarından ve yatırımlardan elde edilen faydaları geçersiz kıldığını iddia etmektedirler (Owen, 2010). Günümüzün teknolojik verimlilik çevresel stratejisi, enerji verimliliği iyileştirmelerinin meşru etkisinin aynı anda daha az enerji tüketimi veya hatta daha yüksek bir refah düzeyi olduğunu kabul etmektedir. Jevons, enerji verimliliğinin tek başına bu umulan sonuca mı katkıda bulunduğu veya daha yüksek oranda enerji kaynağı tüketimine yol açıp açmadığı sorusunu sormuş ve tatmin edici bir şekilde yanıtlamıştır (Alcott, 2008: 7). Bu soruya Jevons, enerji verimliliği artışının daha fazla enerji tüketimine yol açtığını gözlemleyerek aralarında ters bir ilişki olduğunu ifade etmiş ve konuya açıklık getirmiştir. Jevons paradoksu olarak bilinen, verimlilik ve kaynak kullanımı arasındaki pozitif ilişki, çeşitli kaynaklar ve teknolojiler ile birden çok ölçekte ve pek çok bağlamda gözlemlenmiştir (Alcott 2005; Clark and Foster 2001; Polimeni vd. 2008; Sorrell 2007, 2009; York 2006).

Bu çalışma enerji verimliliği ve enerji tüketimi ilişkisini gelişmiş ülke grubu örneği üzerinden incelemektedir. Dünya üretiminde büyük bir yere sahip olan ülkelerin enerji politikaları kapsamında verimlilik ve tüketim ilişkisini inceleyerek literatüre katkıda bulunmaktadır. Çalışma, enerji yoğunluğunun enerji kullanımı ile arasındaki ilişkinin ne yönde olduğunu inceleyerek enerji gelişmiş ülke grubunda enerji verimliliği konularına dikkat çekmeyi amaçlamaktadır. G-7 ülkelerinin enerji kullanımı ve enerji yoğunluğu ilişkisini inceleyen bu çalışma 1990-2017 dönemleri arası yıllık verilerinden faydalanmıştır. Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm olan girişte teorik çerçeveye yer verilmiştir. Ardından konu hakkında bir literatür özetinin verildiği ikinci bölüm yer almaktadır. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan verilerin ve yöntemin tanımlanmasına yer verilmiştir. Dördüncü bölüm ampirik uygulama sonucunda elde edilen bulgular bulunmaktadır. Son olarak ise beşinci bölümde analiz sonuçlarının verildiği ve genel bir değerlendirmenin yapıldığı sonuç bölümü bulunmaktadır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde enerji ve büyüme ilişkisini ele alan çalışmalar geniş bir yer tutmaktadır. Bu çalışmanın temel amacını oluşturan enerji kullanımı ve enerji verimliliği ilişkisini inceleyen çalışmalar ise ele aldıkları değişkenler açısından farklılaşsa da literatürde oldukça geniş bir yer tutmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde Jevons paradoksu çerçevesinde enerji ve ekonomik göstergeler üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların özellikle güncel literatür özetine yer verilmiştir.

### 2. 1. Zaman Serisi ile İnceleyen Literatür Özeti

Greene (1992), Amerika için bir zaman serisi analizi yapmıştır. Çalışma 1966-1989 dönemini kapsamaktadır. Amerikan ekonomisinde hafif araç kullanımının ortaya çıkarmış olduğu rebound etkisinin çok düşük seviyelerde gerçekleştiğini ve bu etkinin de %5-%15 aralığında gerçekleştiğini göstermiştir. Aynı zamanda yakıt tasarrufunun sağlanmasını gerçekleştirecek teknolojik ilerlemeler neticesinde oluşan enerji tasarrufunun minibüs yolculuğunu artırdığı ve bu yolla enerji tasarrufu için beklenen sonuçların gerçekleşmediğini gözlemlemiştir.

Jin (2007), Güney Kore üzerine lineer olmayan zaman serisi analizi yapmıştır. Makro düzeydeki analizde rebound etkisinin uzun dönemde %30 ve kısa dönemde %38 olduğu sonucuna ulaşmıştır. Mikro düzeyde ise %57-%70 arasında değişiklik gösterdiğini gözlemlemiştir. Genel anlamda geri tepme etkisinin gözlenmediği analiz sonuçlarına göre enerji etkinliğinde meydana gelen artışın enerji tüketimini azalttığını göstermiştir.

Lin ve Liu (2012), Çin için yapmış oldukları çalışmada, 1981-2009 dönemindeki teknolojik gelişme, enerji verimliliği ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi Malmquist endeksi aracılığıyla tahminde bulunmuşlardır. Tahmin sonuçları ise toparlanma etkisini desteklemekte ve teknolojik gelişmelerin analiz dönemi içerisinde enerji tüketiminde % 53'lük bir artışa yol açtığını gözlemlemiştir.

Shahbaz vd. (2017), Pakistan için 1972-2011 dönemine ait üçer aylık verileri ile nüfus, teknolojik gelişme ve refahın enerji talebine olan etkisini incelemiştir. Analiz bulgularına göre, teknolojiye meydana gelen iyileşmenin enerji talebi üzerinde olumlu bir etkiye yol açtığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuca göre, analiz döneminde Pakistan'da toparlanma etkisi hipotezi doğrulanmıştır.

Kaleci ve Şahbaz (2018), Türkiye için yapmış oldukları çalışmada 1965-2015 yıllarına ait verileri kullanmışlar ve teknolojik gelişmenin bir göstergesi olarak toplam faktör verimliliği ile birincil enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Analiz sonuçlarına göre, birincil enerji tüketiminin toplam faktör verimliliği ile aynı anda arttığını gözlemlemiştir.

Akinci, Sevinç ve Yılmaz (2018), çalışma rebound etkisinin enerji üretimi, tüketimi, tasarrufu ve ithalata ek olarak enflasyon ile cari işlemler açığı üzerindeki etkileri Türkiye ekonomisi özelinde incelemiştir. Çalışmanın dönemi 1967-2015 yıllarını kapsamaktadır. Johansen-Juselius eşbütünleşme testine göre değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığı tespit edilmiştir. Granger nedensellik test sonuçları ise değişkenler arasında en azından tek yönlü nedenselliğin var olduğunu ortaya koymuştur. VEC modeli analiz sonuçları, enerji verimliliği ve üretimindeki artışa bağlı olarak enerji tüketiminin arttığını ifade eden Jevons Paradoksu ya da rebound etkisinin Türkiye ekonomisi için geçerli olduğunu desteklemiştir.

Wang vd. (2021), enerji verimliliği (EEF) politikalarının tüketicilerin davranışlarını koşullandırmaya nasıl yönlendirdiğini incelemiştir. Çalışma, Çin'deki tüketicilerin satın alma niyetini ölçen bir ankete dayalı ekonometrik stratejileri kullanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; ürünün fiyatı düşük olduğunda tüketiciler enerji tüketimi(ENC) değeri yüksek ürünleri tercih etmişlerdir. Ürünün fiyatı orta-yüksek olduğunda tüketiciler yüksek enerji verimliliğini (EEF) ve düşük ENC'li ürünleri tercih edecekken; bu mallara olan talep azalmıştır. Bu durum ise Jevons paradoksunu göstermiştir.

Al Khafaf vd. (2022), Avustralya'daki hanelerin enerji talebi davranışını incelemiştir. Böylece fotovoltaik sistemler, enerji depolama sistemleri ve herhangi bir enerji sistemi olmayan kullanıcılar ile 5000 enerji tüketicisinin kullanım verilerinden faydalanılmıştır. Sonuçlar, teknolojik inovasyon uygulayan kullanıcıların, enerji depolama sistemi veya fotovoltaik sistemi olmayan bireylere kıyasla enerji tüketimini (ENC) azalttığını göstermiştir.

## **2. 2. Panel Veri ile İnceleyen Literatür Özeti**

Keho (2016), 1970-2011 döneminde zaman serilerinin bireysel eşbütünleşme testleri ile Sahra Altı Afrika'nın çeşitli ülkelerinde kentleşmenin (URB) enerji tüketimi (ENC) üzerindeki etkisini incelemiştir. Ampirik sonuçlara göre, URB ve GDP'nin, incelenen ülkeler arasında farklılık gösteren ENC ile aralarında pozitif bir ilişki olduğu bulunmuştur.

Murshed (2018), Bangladeş ve Hindistan'ın enerji verimliliği-enerji tüketimi bağına incelemiştir. Çalışma, enerji tüketimini birincil ve ikincil enerji tüketimi ayrımı yaparak bunların her birini enerji kullanımının ayrı işlevleri bağlamında 'Jevons Paradoksunu' incelemek için yeni bir girişimde bulunmuştur. Çalışma 1990'dan 2016'ya kadar yıllık verileri kapsamaktadır. Sabit Etkiler (FE), Rastal Etkiler (RE) ve Üç Aşamalı En Küçük Kareler (3SLS) panel regresyon araçları kullanılmıştır. Ayrıca çalışma, Granger nedensellik testlerini kullanarak uzun dönemli nedensel bağlantıları da analiz etmiştir. Tahmin edilen sonuçlar ışığında, bir Jevons paradoksunun kanıtları yenilenebilir enerji, elektrik ve kömür tüketimi bağlamında bulunmuştur. Ayrıca, uzun dönemli nedensel bir ilişki bulunamamıştır.

Yao vd. (2019), 18 OECD ülkesinde 1965–2014 döneminde beşeri sermaye ve teknolojik inovasyonun enerji tüketimi ile ilişkisini incelemiştir. Elde edilen ampirik bulgular, teknolojik inovasyonun faktör verimliliğinde belirleyici bir rol oynadığını ve bunun da enerji tüketiminde bir azalmaya yol açtığını ortaya koymuştur.

Konak ve Şahin (2019), çalışmalarında 1995-2015 dönemi için OECD ülkelerinde rebound etkisinin geçerli olup olmadığını incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda enerji kullanımı, birincil enerji yoğunluğu, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla ve kentsel nüfus değişkenleri arasındaki ilişki panel eşbütünleşme analizi ile incelenmiştir. Ampirik bulgulara göre birincil enerji yoğunluğundaki artışın, enerji kullanımını artırdığı; ekonomik büyümenin, enerji kullanımında artışa neden olduğu; kentleşme oranlarının yükselmesinin ise, enerji kullanımını azalttığı gözlenmiştir.

Churchill vd. (2021), 1980–2014 döneminde 18 OECD ülkesinde enerji teknolojisi araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) harcamalarının enerji tüketimini(ENC) nasıl etkilediğini incelemiştir. Bulgular Ar-Ge'nin belirli bir yıl aralığında yenilenebilir ENC ile pozitif bir ilişkiye sahip olduğunu ve artan bir eğilim gösterdiğini, buna karşın Ar-Ge'nin yenilenebilir ENC ile azalan bir ilişkiye sahip olduğunu, yani Ar-Ge'nin uzun vadede yenilenebilir ENC ile negatif ilişkili olduğunu göstermiştir.

Odhiambo (2021), 1990 ve 2019 yılları arasında Asya ülkelerinde ticari açıklık, GSYİH ve enerji tüketimi (ENC) arasındaki nedensel ilişkiyi incelemiştir. Sonuçlar, GSYİH'nin ENC'nin birincil itici gücü olduğunu göstermiştir. Ancak ihracat, ENC üzerinde istatistiksel bir anlam ifade etmeyen ithalatın aksine, ENC'nin bir belirleyicisidir.

Xie vd. (2021) Avrupa Birliği'nin 27 üye ülkesinde yeşil faktörlerin toplam üretkenliği üzerindeki çeşitli teknolojik değişikliklerin görülme sıklığını değerlendirmiştir. Çalışmada non-lineer ekonometrik yöntem kullanılmıştır. Bulgular, teknolojik inovasyon (TEC) süreçlerinin tüketim aralığının belirlenmesinde enerji tasarrufuna (ENC) yol açtığını ortaya koymuştur.

Yu vd. (2022), 1990-2020 yılları arasında 37 OECD ülkesinde enerji verimliliği, doğrudan yabancı yatırımlar, GSYİH, kentleşme, enerji tüketimi ve teknolojik inovasyon değişkenleri ile Jevons Paradoksunu test etmiştir. Sonuçlara göre bu ülkelerde Jevons paradoksunun varlığı desteklenmiştir. Ancak, Jevons'un paradoks senaryosunda teknolojik yenilik, enerji talebini azaltan bir faktör haline gelmiştir.

Bu bölümde Jevons paradoksu çerçevesinde enerji tüketimi, enerji verimliliği ilişkisini ele alan çalışmaların güncel bir özetine yer verilmiştir. Bu bağlamda konuyu ele alan çalışmalar zaman serisi ile inceleyen ve panel veri analizi yapan çalışmalar kendi içinde kronolojik sıralamasına göre verilmiştir. Literatür hem mikro düzeyde yakıt tüketimi gibi konulara odaklanırken, hem de makro düzeyde enerji tüketimine odaklanan oldukça geniş bir alanı kapsamaktadır. Çalışmalar öncelikli olarak enerji verimliliği ve enerji tüketim ilişkisini incelemek adına, teknolojik gelişme, inovasyon, AR-GE, nüfus, ihracat, ticari açıklık, GSYİH gibi değişkenleri de dahil ederek literatürü zenginleştirmiştir. Literatürdeki çalışmalar temel amaçları ve ele aldıkları değişkenler açısından benzerlik gösterse de sonuçları açısından farklılıklar göstermektedirler. Bazı çalışmalar Jevons paradoksunu desteklerken, bazı çalışmalar aksi sonuçlara ulaşmışlardır. Çalışma ele alınan değişkenler açısından literatür ile benzerlik gösterse de enerji ithalatı ve enerji yoğunluğu değişkenleri modele dahil edilerek model zenginleştirilmiştir.

### 3. VERİ, MODEL TANIMLAMA VE YÖNTEM

Bu çalışma G-7 ülkelerinin enerji kullanımı ve enerji yoğunluğu ilişkisine odaklanmaktadır. Çalışma 1990-2017 dönemi arası yıllık verilerini kapsamaktadır. Enerji yoğunluğu verisinin kısıtından dolayı dönem aralığı bu şekilde belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan model şu şekildedir;

Enerji Kullanımı= f(Kişi Başı GSYİH, Nüfus, Enerji İthalatı, Elektrik Gücü Tüketimi, Enerji Yoğunluğu)

$$Lneu = \beta_0 + \beta_1 Lngdppc + \beta_2 Lneimp + \beta_3 Lnepc + \beta_4 Lneint + \beta_5 Lnpop$$

Burada eu bağımlı değişken ve enerji kullanımı, gdppc kişi başı gayri safi yurt içi hasılayı, eimp enerji ithalatını, epc elektrik gücü tüketimi ve ei enerji yoğunluğunu temsil etmektedir. Değişkenlerin doğal logaritmik formları kullanılmıştır. Enerji kullanımı ve enerji yoğunluğu ilişkisini araştıran bu çalışmada, kişi başı GSYİH değişkeni ülkelerin gelir seviyelerini temsilen seçilmiş ve büyüme sürecinde bir girdi olarak kullanılan enerji kullanımı ile paralellik gösterdiği varsayımından hareketle modele dahil edilmiştir. Enerji ithalatı, kullanılan enerjinin bir kısmının ithal edilerek karşılanmasından dolayı ekonomik sürece etkisi değerlendirilerek modelde kullanılmıştır. Burada kullanılan enerji yoğunluğu; birincil enerjinin enerji yoğunluğu düzeyi, satın alma gücü paritesinde ölçülen enerji arzı ile gayri safi yurtiçi hasıla arasındaki orandır. Enerji yoğunluğu, bir birim ekonomik çıktı elde etmek için ne kadar enerji kullanıldığını bir göstermektedir. Enerji yoğunluğunun daha düşük oranlarda olması, bir birim çıktı üretmek için daha az enerji kullanıldığını ifade etmektedir (WDI, Sustainable Energy for All (SE4ALL), International Energy Agency). Elektrik gücü tüketimi, kullanılan enerjiden üretilen ikincil bir enerji türü olması sebebi ile kontrol değişkeni olarak ele alınmıştır. Nüfus değişkeni Jevons'un orijinal çalışmasında kullanılan enerji miktarının kişi başına düşen miktarını esas almasından dolayı modele dahil edilmiştir. Bu doğrultuda kullanılan değişkenlerin geniş tanımları ve veri tabanları Tablo 1'de gösterilmektedir.

**Tablo 1: Değişken tanımlama ve veri tabanı**

Değişkenler	Değişkenlerin Orijinal Tanımı	Kaynak
Enerji Kullanımı (Lneu)	Energy use (kg of oil equivalent) per \$1,000 GDP (constant 2017 PPP)	Dünya Bankası
GDPpc (Lngdppc)	GDP per capita, PPP (constant 2017 international \$)	Dünya Bankası
Nüfus (Lnpop)	Population, total	Dünya Bankası
Enerji İthalatı (Lneimp)	Energy imports, net (% of energy use)	Dünya Bankası
Elektrik Gücü Tüketimi (Lnepc)	Electric power consumption (kWh per capita)	Dünya Bankası
Enerji Yoğunluğu (Lnei)	Energy intensity level of primary energy (MJ/\$2011 PPP GDP)	Dünya Bankası

Ampirik analizde öncelikle panel veri yönteminde kullanılan yatay kesit bağımlılığı testi uygulanmıştır. Panel veri yönteminin aman serisi ve yatay-kesit verisine göre daha avantajlı olduğu kabul edilmektedir. Bu yönü ile seriler arasındaki yatay kesit bağımlılığını dikkate alan yöntemler, sonuçların tutarlılığına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Breusch and Pagan, 1980; Pesaran, 2004). Yatay kesit bağımlılığı testi ile başlanan panel veri analizi, çalışmada kullanılacak birim kök, eş bütünleşme ve uzun dönem eş bütünleşme katsayılarının belirlenmesinde kullanılacak testlerin belirlenmesini sağlamaktadır. Dolayısı ile kullanılacak testlerin belirlenmesi için ilk olarak yatay kesit bağımlılığının belirlenmesi gerekmektedir.

Öncelikle paneli oluşturan yatay kesitler arasında bir ilişki olup olmadığını ortaya koymak için Breusch ve Pagan (1980) LM (Lagrange Multiplier) testi, Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD (Cross Section Dependent) ve  $CD_{LM}$  testleri ile Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen sapması düzeltilmiş  $LM_{adj}$  (Bias-Adjusted Cross Sectionally Dependence Lagrange Multiplier) testi kullanılmıştır.

Çalışmada yatay kesit bağımlılığının belirlenmesi için kullanılan test; “sapması düzeltilmiş LM testi”  $LM_{adj}$  Pesaran vd. (2008) tarafından,  $CD_{LM}$  testindeki panel ve grup ortalamalarından kaynaklanan bazı sapmaların düzeltilmesi için geliştirilmiştir.

$$LM_{adj} = \left( \frac{2}{N(N-1)} \right)^{1/2} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\hat{p}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{v_{Tij}} \quad (2)$$

Testin hipotezleri şu şekildedir;

$H_0$ : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$ : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Ampirik bulgulardan hareketle  $H_0$  hipotezinin kabul edildiği durumlarda, ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının olmadığı belirlenmektedir. Bu sonuç ise; analizde kullanılacak birim kök testinin birinci nesil olmasına yönlendirmektedir.  $H_0$  hipotezinin reddedilemediği durumlarda ise ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığı kabul edilir. Bu durumda ise analize ikinci nesil panel birim kök testlerinden devam edilmektedir (Baltagi, 2008: 284).

Yatay kesit bağımlılığı testinden sonra ikinci adım olan birim kök testi aşamasına geçilmektedir. Çalışmada paneli oluşturan ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığı belirlendiği için ikinci nesil birim kök testi uygulanmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda ikinci nesil test olan CIPS testinden faydalanılmıştır. Panelin geneli için birim kökün varlığını belirleyebilmek adına her bir ülke için bulunan CADF istatistiklerinin aritmetik ortalaması alınarak, aşağıdaki formülle, CIPS istatistiği hesaplanmaktadır.

$$CIPS = \frac{\sum_{i=1}^N CADF_i}{N} \quad (3)$$

Elde edilen sonuca göre hesaplanan CIPS istatistiği, Pesaran (2006)'daki tablo değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Hesaplanan CIPS değerinin tablo kritik değerinden küçük olduğu durumda, " $H_0: \beta_i = 0$  Birim kök var" reddedilememektedir. Dolayısı ile paneli oluşturan tüm ülkeler için, ilgili değişkende birim kök olmadığına karar verilmektedir.

Daha sonra ampirik uygulamanın üçüncü aşamasını oluşturan eğim katsayılarının homojenliği test edilmiştir. Panel veri analizlerinde kullanılan homojenite testi için Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen testten faydalanılmıştır. Bu test;  $Y_{it} = \alpha + \beta itX_{it} + \varepsilon_{it}$  gibi bir eşbütünleşme denkleminde  $\beta_i$  gibi bir eğim katsayısını ifade etmektedir.  $\Delta$  testi için hipotezler ise şöyle kurulmaktadır;

$H_0: \beta_i = \beta$  ise eğim katsayıları homojendir.

$H_1: \beta \neq \beta$  ise eğim katsayıları homojen değildir.

Bu hipotezleri test etmek adına Pesaran ve Yamagata (2008) (4) ve (5)'deki denklik test istatistiklerini geliştirmiş ve bu şekilde homojenitenin belirlenmesini sağlamışlardır.

$$\text{Geniş, daha büyük gözlemlerde kullanabilmek için; } \hat{\Delta} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}S - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (4)$$

$$\text{Daha küçük örneklerde kullanmak için; } \tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}\hat{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (5)$$

Denklikteki N; yatay kesit boyutunu, S; Swamy test istatistiğini, k; açıklayıcı değişkenlerin sayısını temsil etmektedir. (4) ve (5) numaralı denkliklerde,  $H_0$  hipotezi varsayımı altında  $(N, T) \rightarrow \infty, \sqrt{\cdot} \rightarrow \infty$  durumu gerçekleştiğinde hata terimlerinin serbest dağıldığını ifade etmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008: 52-57).

Eğim katsayılarının homojenite testinin ardından değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi incelenmiştir. Bu amaçla; Westerlund (2008) Durbin-H panel eş-bütünleşme testinden faydalanılmıştır. Bu test otoregresif parametrenin bütün yatay kesitlerde aynı olduğunu kabul ederek analiz etmektedir. Bu varsayımdan hareketle,

" $H_0$ : Eş-bütünleşme ilişkisi yok", reddedilemediğinde bütün kesitler için eşbütünleşmenin varlığı kabul edilmektedir. Aynı zamanda Westerlund (2008) Durbin-H grup testinde ise otoregresif parametrenin, her yatay kesite göre kesitsel farklılık göstermesine izin verilmektedir. Bu testte,  $H_0$  hipotezinin reddedilememesi, en azından bazı kesitlerde eşbütünleşme ilişkisinin varlığını göstermektedir (Di Iorio ve Fachin, 2008).

Panel eş-bütünleşme yöntemi bir dizi avantaja sahip olan Westerlund (2008), "Durbin-Hausman" (DH) testinin kullanılabilmesi için tek gerekli ön koşul, bağımlı değişkenin seviyede durağan olmamasıdır. Ayrıca bu ön koşula ek olarak DH testi için açıklayıcı değişkenlerin durağanlık seviyeleri için herhangi bir sınırlamanın yapılmamasıdır (Westerlund, 2008: 199-201). DH test istatistiklerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler şu şekildedir;

$$DH_p = S_n(\phi - \phi)^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (6)$$

$$DH_g = \sum_{i=1}^n S_i(\phi - \phi)^2 \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (7)$$

Son olarak uzun dönem eşbütünleşme katsayılarının belirlenmesi için CUP-FM testi uygulanmıştır. Denklem (8)'de uzun dönem katsayılarının tahmin edilmesi için test yapılmıştır (Bai, Kao ve Ng, 2009). Kullanılan bu yöntem birçok önemli avantajlara sahiptir. Bu avantajlar; (a) Yatay kesit bağımlılığını esas almaktadır; (b) Gözden kaçırılmış doğrusal olmama problemi de bu yöntem ile kontrol edilmektedir ve (c) Değişkenlerin I (1) ve I (0) (Zaidi vd., 2019) gibi karışık olduğu durumlarda bile tutarlı sonuçları vermektedir. CUP-FM ve CUP-BC tahmincileri için kullanılan denklem şu şekildedir;

$$(\hat{\beta}_{CUP}, \hat{F}_{CUP}) = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}} \frac{1}{nT^2} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i\beta)' M_F (y_i - x_i\beta) \quad (8)$$

Eşitlikte,  $M_F = I_T - T^{-2} FF'$ , matris boyutu T'nin özdeşliğidir. F ise gizli ortak faktörlerin bir vektörünü temsil etmektedir.

#### 4. AMPİRİK BULGULAR

Öncelikle paneli oluşturan yatay kesitler arasında bir ilişki olup olmadığını ortaya koymak için yatay kesit bağımlılığı testi uygulanmıştır. Bu testin sonuçları, çalışmada kullanılacak birim kök testlerine, eşbütünleşme testlerine ve uzun dönem katsayılarının belirlenmesi için kullanılacak yöntem karar verilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda Tablo 2 panelin tamamı için yatay kesit bağımlılığı test sonuçlarını gösterirken Tablo 3 bireysel yatay kesitler için sonuçları göstermektedir.

**Tablo 2: Panel CD test sonuçları**

Grup Sonuçları		LM	LM <sub>adj</sub>	LM <sub>CD</sub>
	İstatistik	72.09	17.35	-1.469
P-değeri	0.0000***	0.0000***	0.1419	

**Not:** \*\*\*, \*\*, sırası ile %1, %5 düzeyinde anlamlılık seviyesini göstermektedir. İlgili test istatistikleri "Gauss16 Light" paket programı ile elde edilmiştir.

**Tablo 3: Bireysel yatay kesit (CD) test sonuçları**

Olasılık	Değişken	Lneu	Lngdppc	Lnegc	Lneimp	Lnei	Lnpop
P-değeri		0.000***	0.000***	0.000***	0.948	0.000***	0.000***

**Not:** \*\*\*, \*\*, sırası ile %1, %5 düzeyinde anlamlılık seviyesini göstermektedir. İlgili test istatistikleri "Gauss 16 Light" paket programı ile elde edilmiştir.

Tablo 3'e göre değişkenlerden enerji ithalatı dışında kalan değişkenlerin tamamında yatay kesitin varlığı kabul edilmiştir.  $T > N$  ( $T=27 > N=7$ ) koşulundan hareketle, Tablo 3'e göre LM, ve LM<sub>adj</sub> testine göre p değeri 0,05'ten küçük olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilememiştir. Dolayısı ile panelin tamamı için yatay kesit bağımlılığının varlığı kabul edilmiştir. Yatay kesit bağımlılığının varlığının belirlenmesinin ardından, yatay kesiti dikkate alan birim kök

testinden faydalanılmıştır. Tablo 4 ikinci nesil birim kök testi olan CIPS test sonuçlarını göstermektedir.

**Tablo 4: Birim kök test sonuçları**

Değişkenler	CIPS Değeri	Kritik Değerleri			Sonuç
		%10	%5	%1	
Lneu	-2.505	-2.21	-2.33	-2.57	-
ΔLneu	-5.646	-2.21	-2.33	-2.57	I(1)
Lngdppc	-1.435	-2.21	-2.33	-2.57	-
ΔLngdppc	-3.763	-2.21	-2.33	-2.57	I(1)
Lnpop	-1.251	-2.21	-2.33	-2.57	-
ΔLnpop	-1.300	-2.21	-2.33	-2.57	-
ΔΔLnpop	-2.633	-2.21	-2.33	-2.57	I(2)
Lneimp	-0.623	-2.21	-2.33	-2.57	-
ΔLneimp	-3.752	-2.21	-2.33	-2.57	I(1)
Lnepc	-2.281	-2.21	-2.33	-2.57	I(0)
Lnei	-2.362	-2.21	-2.33	-2.57	-
ΔLnei	-5.744	-2.21	-2.33	-2.57	I(1)

**Not:** Sabitli seçenek kullanılmıştır. Gecikme uzunluğu otomatik 1 olarak belirlenmiştir. CIPS Değerinin Kritik Değerlerden büyük olmasına göre durağan olup olmadığına karar verilmektedir. İlgili istatistikler "Stata 15" paket programından elde edilmiştir.

Tablo 4’de CIPS sonuçlarını göstermektedir. CIPS değerinin kritik değerlerinden büyük olması durumuna göre değişkenlerin birim kök içerip içermediği değerlendirilmiştir. Buna göre değişkenlerin durağanlık seviyeleri farklılık göstermektedir. Birim kök testinin ardından eğim katsayılarının homojenliği test edilmiştir. Tablo 5 homojenite test sonuçlarını göstermektedir.

**Tablo 5: Homojenite test sonuçları**

Değişkenler	$\tilde{\Delta}$ İstatistik (p-değ)	$\tilde{\Delta}_{adj}$ İstatistik (p-değ)
Lneu	-0.536 (0.704)	-0.567 (0.715)
Lngdppc	-0.616 (0.731)	-0.652 (0.743)
Lnpop	-0.951 (0.829)	-1.006 (0.843)
Lnimp	1.712 (0.043**)	1.812 (0.035**)
Lnepc	0.532 (0.297)	0.563 (0.287)
Lnei	0.128 (0.449)	0.135 (0.446)

**Not:** İlgili test istatistikleri "Gauss 16Light" ile elde edilmiştir. Parantez içindeki değerler olasılık sonuçlarını gösterirken diğer değerler istatistikleri vermektedir. \*\*\*, \*\*, sırası ile %1, %5 de anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 5’te gösterilen test sonuçlarından Delta ve delta single p-olasılık değerlerine göre, hesaplanan homojenlik testlerinin olasılık değerleri 0,05’ten büyük olmasından dolayı H0 hipotezi kabul edilmiştir. Dolayısı ile modelde yer alan sabit ve eğim katsayılarının homojen olduğu belirlenmiştir. Homojenlik testi kullanılacak olan eşbütünleşme testinin belirlenmesi için önemli bir kriterdir.

Yatay kesit bağımlılığının varlığı ve aynı zamanda eğim katsayılarının homojen olması ikinci nesil eş bütünleşme analizinin yapılmasına yönlendirmiştir. Tablo 6 yatay kesit ve homojenliği esas alan ikinci nesil eş bütünleşme testi olan Durbin-Hausman eşbütünleşme test sonuçlarını göstermektedir.



**Tablo 6: Durbin-Hausman eş bütünleşme test sonuçları**

dh-p	-1.965
p-value	0.025**

**Not:** İlgili test istatistikleri “Gauss 16Light” ile elde edilmiştir. \*\*, %5 de anlamlılık düzeyini göstermektedir. Trendli seçenek kullanılmıştır ve eğim katsayıları homojen olduğundan panel istatistiği esas alındığından yalnızca panel sonuçları tabloda verilmiştir.

Panel Durbin-Hausman eş bütünleşme testinde panel istatistik değeri 0.05’ten küçük olmasından dolayı “ $H_0$ : Eş bütünleşme yok” hipotezi reddedilememektedir. Dolayısı ise panel sonuçlarına göre değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Modelin eş bütünleşik olduğu ve değişkenlerin uzun dönemde bir denge ilişkisine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda uzun dönem eş bütünleşme parametrelerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Uzun dönem eşbütünleşme katsayılarının tahmini için Bai, Kao & Ng (2009) CUP-FM ve CUP-BC tahmincilerini önermektedir. Dolayısı ile yatay kesit bağımlılığını esas alan, homojen eğim katsayılarına sahip olan ve aynı zamanda farklı düzeyde durağanlığa sahip olan serilere uygulanan CUP-FM tahmincisinden faydalanılmıştır. Tablo 7 uzun dönem eşbütünleşme katsayılarının tahmin sonuçlarını göstermektedir.

**Tablo 7: Eş bütünleşme katsayılarının tahmini CUP-FM**

Bağımlı Değişken (Enerji Kullanımı)	Beta	t-istatistiği
Lngdppc	1.654	2.583***
Lnepc	4.396	6.250***
Lnimp	-0.727	-7.350***
Lneint	-0.856	-2.014**
Lnpop	3.591	1.932**

**Not:** %10, %5 ve %1 için kritik değerler sırasıyla  $\bar{F}$ 1.645,  $\bar{F}$ 1.96,  $\bar{F}$ 2.58. \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılığı göstermektedir.

Tablodaki sonuçlarda t-istatistiğine göre beta katsayıları anlamlıdır. Model tahmininde logaritmik dönüşüm yapıldığı için katsayılar esneklik olarak yorumlanabilmektedir. Beta katsayıları ise teori ile doğru yönlü sonuçlar vermektedir. Nüfusta meydana gelen yüzde birlik bir artış enerji kullanımını yüzde 3.59 artırmaktadır. Aynı şekilde kişi başı gayri safi yurt içi hasılda meydana gelen yüzde birlik bir artış enerji kullanımını yüzde 1.65 artırmaktadır. Enerji ithalatında meydana gelen yüzde birlik bir artış ise enerji kullanımını yüzde 0.72 birim azaltmaktadır. Enerji yoğunluğunda meydana gelen yüzde birlik bir artış ise enerji kullanımını yüzde 0.85 oranında azaltmaktadır. Enerji yoğunluğu, bir birim gelir elde etmek için geçmişte olduğundan daha az enerji kullanımı anlamına geldiğinden aralarında negatif bir ilişkinin olması beklenen bir sonuçtur. Bu sonuç Jevon’un önermiş olduğu enerji verimliliğindeki artışın daha fazla enerji kullanımına yol açtığı yönündeki teori ile paralellik göstermemektedir.

## 5. SONUÇ

Jevons (2001), enerji kullanımı ve verimliliği arasındaki ilişkiyi “kural olarak, birçok paralel durumda kabul edilen bir ilkeye göre, yeni ekonomi biçimleri tüketimin artmasına yol açacaktır. Yeni makinelerin devreye girmesinden etkilenen emek ekonomisi, şu an için işçileri istihdam dışı bırakmaktadır. Ancak ucuzlaşmış ürünlere olan talep o kadar artıyor ki, sonunda istihdam alanı büyük ölçüde genişliyor. Çoğu zaman, emeği tasarruf edilen emekçiler, daha verimli emeklerini eskisinden daha fazla talep görüyorlar” şeklinde ifade etmiştir (Jevons, 2001; 99). Enerjinin üretim sürecindeki önemine dikkat çekmiş ve verimliliğindeki artışın tüketimi azaltmak yerine artırdığına dikkat çekmiştir.

Öncelikli olarak imalat sanayi olmak üzere bütün üretim süreçlerinde temel bir girdi olan enerjinin önemi her geçen gün artmaktadır. Enerjiye olan bağımlılık ve talep teknoloji politikalarının enerji verimliliğinin üzerine odaklanılmasına yönlendirmektedir. Ayrıca alternatif enerji kaynaklarının arayışı önem kazanmaktadır. Özellikle de 1970’li yıllarda ortaya çıkan petrol şoklarının etkisiyle bu arayışlar kendini göstermiştir. Ülkeler yeni teknolojik gelişmeler yardımı ile bir taraftan enerji üretimini ve verimliliğini artırmak için çalışmalarda bulunurken diğer taraftan da girdi maliyetlerini azaltma çabasında bulunmuşlardır. Bu çabalar teknolojik gelişme ile birlikte üretimi ve verimliliği artırarak, enerji tüketimini azaltmayı amaçlamıştır.

1990-2017 dönemi G-7 ülkelerini kapsayan bu çalışmada enerji kullanımı ve enerji yoğunluğu ilişkisi incelenmiştir. Nüfusta meydana gelen yüzde birlik bir artış enerji kullanımını yüzde 3.59 artırdığı gözlenmiştir. Kişi başı gayri safi yurt içi hasılda meydana gelen yüzde birlik bir artış enerji kullanımını yüzde 1.65 artırmaktadır. Enerji ithalatında meydana gelen yüzde birlik bir artış ise enerji kullanımını yüzde 0.72 oranında azalttığı gözlenmiştir. Enerji yoğunluğunda meydana gelen yüzde birlik bir artış ise enerji kullanımını yüzde 0.85 oranında azaltmaktadır. Enerji yoğunluğu, bir birim gelir elde etmek için geçmişte olduğundan daha az enerji kullanımını ifade ettiğinden analizden çıkan sonuçların da gösterdiği gibi aralarında negatif bir ilişkinin olması beklenen bir sonuçtur. Ancak beklenen bu sonuç Jevon'un öne sürmüştüğü paradoksu destekler nitelikte değildir. Ampirik analizler belirli bir dönemi ve belirli bir bölgeyi esas aldığından statik bir anın fotoğrafını çekmektedir. Dolayısı ile evrensel sonuçlar için çıkarımda bulunmak hatalı olacaktır. Bu bağlamda G-7 ülkeleri örneğinde elde edilen bu sonuç için analiz dönemi açısından bir çıkarımda bulunmaya yardımcı olmaktadır. G-7 ülkelerinde, 1990-2017 dönemleri arasında enerji yoğunluğunda meydana gelen artışla birlikte enerji kullanımı azalmaktadır. Elde edilen bu sonuç gelişmiş ülke gurubunun enerji politikalarının etkin olduğu ya da alternatif enerji yatırımlarının mevcut olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu öngörü ile G-7 ülkelerinin etkin enerji politikaları ve alternatif enerji kaynakları, teknolojik iyileşme gibi konular üzerine daha fazla ağırlık vermesi gerektiği ifade edilebilir.

Literatürdeki bazı çalışmalar Jevons paradoksunu desteklerken, bazı çalışmalar enerji verimliliğinin artmasının enerji tüketimini azalttığı yönünde sonuçlar elde etmiştir. Bu çalışmanın ampirik bulgularına göre enerji yoğunluğundaki artış enerji kullanımını küçük bir oranda azalttığı gözlenmiştir. Bu yönü ile literatürü destekler niteliktedir. Ancak Jevons paradoksunu desteklemediği dikkat çekmektedir. Bu sonuç çalışmanın ele aldığı örneklem grubu ve zaman aralığından kaynaklandığı ifade edilebilir. Ampirik analiz sonuçları enerji yoğunluğundaki artış ile enerji kullanımı arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar çalışmanın örneklem gurubunu oluşturan G-7 ülkeleri açısından bakıldığında da ayrı bir öneme sahiptir. Söz konusu bu ülkeler dünya üretiminde oldukça önemli bir yeri oluşturmaktadırlar. Üretim süreçlerinde kullanılan enerji yoğunluğundaki artış enerji tüketimini azaltması, enerji verimliliği yatırımlarının etkin olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu ülkelerin bazılarının enerjiyi ithal eder konumda olması alternatif enerji politikalarına ağırlık verilmesinin de maliyetleri azaltması açısından dikkat çeken başka bir noktadır. Enerji verimliliği sürdürülebilir kalkınma açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu yüzden enerji politikaları, enerji verimliliği ve alternatif enerji üzerine çalışmaların etkin olduğunu ve bu yöndeki politikaların önemi üzerinde durulması gerektiğini öne çıkarmaktadır. Ayrıca bundan sonra devam eden enerji tüketimi ve enerji verimliliği çalışmalarının, enerji krizinin kendisini belirgin bir şekilde hissettirdiği bu yüzyılda, sürdürülebilirlik ve yeşil ekonomi çerçevesinde çevreyi de esas alan konular üzerinde durmaları gerektiği önerilmektedir.

#### **KAYNAKÇA**

- Akıncı, M., Sevinç, H., Yılmaz, Ö., (2018), "Jevons Paradoksu: Enerji Etkinliği ve Rebound Etkisi Üzerine Ekonometrik Bir Analiz", *Fiscaoeconomia*, Vol.2(1), 77-98.
- Alcott, B. 2005. "Jevons' Paradox." *Ecological Economics*, 54: 9–21. doi:10.1016/j.ecolecon.2005.03.020.
- Alcott, B. (2008), "Historical Overview of the Jevons Paradox in the Literature", *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, (Ed: Polimeni, J. M., Mayumi, K., Giampietro, M. ve Alcott, B. Earthscan), London-Sterling, VA, ISBN 978-1-84407-462-4.
- Al Khafaf N, Rezaei AA, Amani AM, Jalili M, Mcgrath B, Meegahapola L, Vahidnia A., (2022). "Impact Of Battery Storage On Residential Energy Consumption: An Australian Case Study Based On Smart Meter Data", *Renew Energy*, 182:390–400. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.005>
- Alvi, S., Mahmood, Z. ve Nawaz, S. M.N., (2018), "Dilemma of direct rebound effect and Climate Change on Residential Electricity Consumption in Pakistan", *Energy Reports*, 4, 323–327.
- Amin, SB and Murshed M (2017). "An Empirical Analysis Of Multivariate Causality Between Electricity Consumption, Economic Growth And Foreign Aid: Evidence From Bangladesh", *The Journal of Developing Areas*, Vol. 51, No. 2, pp.369-380.
- Bai, J., Kao, C., & Ng, S. (2009). Panel cointegration with global stochastic trends. *Journal of Econometrics*, 149(1), 82-99.
- Baltagi, B. H., (2008), *Econometric Analysis of Panel Data*, Fourth Edition, West Sussex: John Wiley & Sons.

- Breusch, T. S ve Pagan, A. R. (1980), "The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification Tests in Econometrics", *Review of Economic Studies*, 47, 239-53.
- Churchill SA, Inekwe J, Ivanovski K., (2021). "R & D Expenditure And Energy Consumption In OECD Nations", *Energy Econ* 100(June 2020):105376. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105376>
- Clark, B. and J.B. Foster. (2001). "William Stanley Jevons and the coal question: An introduction to Jevons's 'Of the Economy of Fuel'", *Organization & Environment* 14(1), 93-98.
- Di Iorio, Francesca and Fachin, S., (2008). *A Note on the Estimation of Long-run Relationships in Dependent Cointegrated Panels*, MPRA Paper, 12053, University Library of Munich, Germany.
- Greene, D. L. (1992). "Vehicle Use and Fuel Economy: How Big Is the Rebound Effect?", *The Energy Journal*, 13(1), 117-143.
- IPCC (2007), Climate Change 2007. IPCC Fourth Assessment Report (AR4).
- Jevons, W.S. 2001 [1865]. "Of the economy of fuel [excerpt from The Coal Question]", *Organization & Environment*, 14(1), 99-104.
- Jin, S. H. (2007). "The Effectiveness of Energy Efficiency Improvement in a Developing Country: Rebound Effect of Residential Electricity Use in South Korea", *Energy Policy*, 35(11), 5622-5629.
- Polimeni, J.M., Mayumi, K., Giampietro, M. ve Alcott, B., (2008). *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, Earthscan, London, Sterling VA, First published by Earthscan in the UK and USA in 2008, ISBN 978-1-84407-462-4.
- Kaleci, F. ve Şahbaz, A. (2018), "Rebound Effect on Energy Efficiency and Energy Consumption in Turkey", *International Congress On Social and Economic Sciences*, November 26-28, Budapest.
- Keho Y (2016). "What drives energy consumption in developing countries? The experience of selected African countries", *Energy Policy*, 91(December 2015):233–246. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.010>
- Konak A. & Şahin G. (2019), OECD Ülkeleri Kapsamında Rebound Etkisinin Geçerliliğine Yönelik Bir Sınama, *BMIJ*, (2019), 7(4): 1361-1382 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i4.1179>
- Lin, B., & Liu, X. (2012), "Dilemma Between Economic Development and Energy Conservation: Energy Rebound Effect in China", *Energy*, 45(1), 867-873.
- Martinez-Alier, J. (1987). *Ecological Economics: Energy, Environment And Society*. New York: Basil Blackwell.
- Murshed, M. (2018). "Revisiting the Jevons Paradox of Energy Economics: Empirical Evidence from Bangladesh and India", *International Review of Business Research Papers*, Vol. 14. No. 1. March, Issue. Pp. 68 – 93.
- Odhiambo, N.M. (2021). "Trade Openness And Energy Consumption In Subsaharan African Countries: A Multivariate Panel Granger Causality Test", *Energy Rep*, 7:7082–7089. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.09.103>
- Owen, D., (2010). *The Efficiency Dilemma*, The New Yorker, December 2010.
- Pesaran, M. H. (2004), "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels", *Cambridge Working Papers in Economics*, 435.
- Pesaran, H., (2006) "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependency", *Cambridge Working Papers in Economics*, 0346.
- Pesaran, M. H. and Yamagata, T., (2008). "Testing Slope Homogeneity in Large Panels", *Journal of Econometrics*, 142 (1), pp.50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The econometrics journal*, 11(1), 105-127.
- Shahbaz, M., Chaudhary, A. R., & Ozturk, I. (2017). "Does Urbanization Cause Increasing Energy Demand in Pakistan? Empirical evidence from STIRPAT model", *Energy*, 122, 83-93.
- Sorrell, S. (2007). *The Rebound Effect: An Assessment of the Evidence Fro Economy-Wide Energy Savings from Improved Energy Efficiency*, London: UK Energy Research Centre.
- Sorrell, S. (2009). "Jevons' Paradox Revisited: The Evidence for Backfire from Improved Energy Efficiency." *Energy Policy*, 37 (4): 1456–1469. doi:10.1016/j.enpol.2008.12.003.

- Yao Y, Ivanovski K, Inekwe J, Smyth R (2019). "Human capital and energy consumption: evidence from OECD countries", *Energy Econ*, 84, 104534.
- York, R. (2006). "Ecological Paradoxes: William Stanley Jevons and the Paperless Office." *Human Ecology Review* 13 (2): 143–147.
- Yu, Z., Ponce, P., Irshad, A. R., Tanveer, M., Ponce, K., and Khan, A. R., (2022). "Energy efficiency and Jevons' paradox in OECD countries: policy implications leading toward sustainable development", *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* <https://doi.org/10.1007/s13202-022-01478-1>.
- Wang B, Deng N, Liu X, Sun Q, Wang Z (2021). "Effect of energy efficiency labels on household appliance choice in China: sustainable consumption or irrational intertemporal choice?" *Resour Conserv Recycl*, 169(February):105458. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105458>.
- Westerlund, J. (2008). Panel cointegration tests of the Fisher effect. *Journal of Applied Econometrics*, 23(2), 193-233.
- Xie F, Zhang B, Wang N (2021). "Nonlinear relationship between energy consumption transition and green total factor productivity: a perspective on different technology paths", *Sustain Prod Consum*, 28:91–104. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.036>.
- Zaidi, S. A. H., Zafar, M. W., Shahbaz, M., & Hou, F. (2019). Dynamic linkages between globalization, financial development and carbon emissions: evidence from Asia Pacific Economic Cooperation countries. *Journal of Cleaner Production*, 228, 533-543.

#### **Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)**

1. Bu çalışmanın yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedirler (The authors of this article confirm that their work complies with the principles of research and publication ethics).
2. Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir (No potential conflict of interest was reported by the authors).
3. Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir (This article was screened for potential plagiarism using a plagiarism screening program).